

S1 1 PN="JP 09211332"  
?t 1/5/1

1/5/1  
DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

011334959 \*\*Image available\*\*  
WPI Acc No: 1997-312863/199729  
XRPX Acc No: N97-259033

**Optical reduction photolithography system from long to short conjugate end - has first mirror pair and field mirror pairs receives radiation reflected from first mirror pair, third mirror pair receives radiation reflected from field mirror pair**

Patent Assignee: SVG LITHOGRAPHY SYSTEMS INC (SVGL-N)

Inventor: WILLIAMSON D M

Number of Countries: 011 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 779528	A2	19970618	EP 96118465	A	19961118	199729 B
CA 2192604	A	19970613	CA 2192604	A	19961211	199741
JP 9211332	A	19970815	JP 96330929	A	19961211	199743
US 5815310	A	19980929	US 95571081	A	19951212	199846
KR 97048693	A	19970729	KR 9664425	A	19961211	199908

Priority Applications (No Type Date): US 95571081 A 19951212

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
EP 779528	A2	E	14	G02B-017/08	
Designated States (Regional): CH DE FR GB IT LI NL					
JP 9211332	A		10	G02B-017/08	
CA 2192604	A			G03F-007/20	
US 5815310	A			G02B-017/00	
KR 97048693	A			G02B-027/18	

Abstract (Basic): EP 779528 A

The system includes a first mirror pair (M1,M2) and a field mirror pair (M3,M4) positioned to receive electromagnetic radiation reflected from the first mirror pair. A third mirror pair (M5,M6) is positioned to receive electromagnetic radiation reflected from the field mirror pair.

An intermediate image is re-imaged to a final image at an image plane. The intermediate image is formed at an off-axis location between the first and third mirror pairs. The intermediate range is formed at an of-axis located between the mirrors of the third mirror pair. An aperture stop is formed at or near one mirror of the first mirror pair.

USE - Relates to projection lithography and to catoptric and catadioptric optical system for use with short wavelengths in near and extreme ultraviolet or soft x-ray region.

ADVANTAGE - Increases resolution permitting imaging of small element features as required in semiconductor manufacture.

Dwg.1/3

Title Terms: OPTICAL; REDUCE; PHOTOLITHOGRAPHIC; SYSTEM; LONG; SHORT; CONJUGATE; END; FIRST; MIRROR; PAIR; FIELD; MIRROR; PAIR; RECEIVE; RADIATE; REFLECT; FIRST; MIRROR; PAIR; THIRD; MIRROR; PAIR; RECEIVE; RADIATE; REFLECT; FIELD; MIRROR; PAIR

Derwent Class: P81; P84; U11

International Patent Class (Main): G02B-017/00; G02B-017/08; G02B-027/18; G03F-007/20

International Patent Class (Additional): G02B-005/10; G02B-021/00; G02B-023/00; H01L-021/027; H01L-021/469

File Segment: EPI; EngPI

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-211332

(43) 公開日 平成9年(1997)8月15日

(51) Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 17/08			G 0 2 B 17/08	A
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 F 7/20	5 2 1
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 1 3

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-330929

(22) 出願日 平成8年(1996)12月11日

(31) 優先権主張番号 08/571081

(32) 優先日 1995年12月12日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 595118744

エスヴィージー リトグラフィー システ

ムズ インコーポレイテッド

アメリカ合衆国 コネチカット ウィルト

ン ダンバリー ロード 77

(72) 発明者 デイヴィッド エム ウィリアムソン

イギリス国 ウースター ウェスト マル

ヴァーン ハーコート ロード (番地な

し) ヴァーノン コティジ

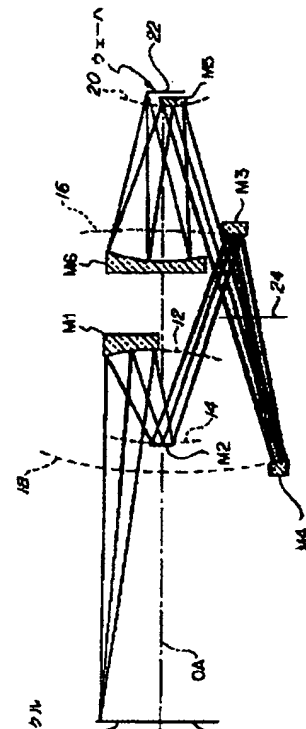
(74) 代理人 弁理士 矢野 敏雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 高開口数リングフィールド光学縮小系

(57) 【要約】

【課題】 約200ナノメートル以下の波長域で使用可能であり、比較的大きい開口数を有した投影光学系を提供する。

【解決手段】 本願発明による投影光学系は3つのミラー対を有し、第1ミラー対は入射ひとみを第2ミラー対に結像し開口絞りを構成する収束ミラーを有し、第2ミラー対は前記開口絞りを第2の実像ひとみにリレーし中間像を形成する収束ミラーを含み、第3ミラー対は前記第2実像ひとみを射出ひとみにリレーし前記中間像を最終的な実像に結像する収束ミラーを有する。第2ミラー対がフィールドミラー素子として動作することにより大きな開口数が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のミラー対と、

前記第1のミラー対から反射された電磁波を受光するよう配設されたフィールドミラー対と、

前記フィールドミラー対から反射された電磁波を受光するよう配設された第3ミラー対とを具備し、

中間像が像面上において最終像へと再結像されるよう構成された、長共役端から短共役端間のフォトリソグラフィ用光学縮小系。

【請求項2】 中間像が前記第1ミラー対と前記第3ミラー対間の光軸から外れた位置に形成されるよう構成された、請求項1記載の光学縮小系。

【請求項3】 中間像が前記第3ミラー対を構成しているミラー間の光軸から外れた位置に形成されるよう構成された、請求項1記載の光学縮小系。

【請求項4】 開口絞りが前記第1ミラー対のうちの1つのミラー上または近傍に形成されるよう構成された、請求項1記載の光学縮小系。

【請求項5】 前記第1ミラー対、前記フィールドミラー対、および前記第2ミラー対が光軸に対して回転対称であるよう構成された、請求項1記載の光学縮小系。

【請求項6】 前記第1ミラー対、前記フィールドミラー対、および前記第2ミラー対が非球面である、請求項1記載の光学縮小系。

【請求項7】 物体と前記第1ミラー対間に配設された第1の回折素子と、

前記第1ミラー対のうちの2番目のミラー上または近傍に配設された第2の回折素子と、

物体と前記第3ミラー対間に配設された第3の回折素子とを有した、請求項1記載の光学縮小系。

【請求項8】 前記第1回折素子が光軸上で軸方向に移動可能である、請求項7記載の装置。

【請求項9】 前記第1回折素子と前記第3回折素子によりもたらされる焦点の色変動が、前記第2回折素子により大幅に補正されるよう構成された、請求項7記載の光学縮小系。

【請求項10】 倍率の色変動が、前記第1回折素子と前記第3回折素子それぞれの寄与のバランスを取ることにより大幅に補正されるよう構成された、請求項7記載の光学縮小系。

【請求項11】 第1のミラー対と、

フィールドミラー対と、

第3のミラー対とを具備し、

前記フィールドミラー対は、前記第1ミラー対で反射されて光軸から発散する主光束を受光して光軸に収束する主光束に変換するよう配設されており、

前記第3ミラー対は、前記フィールドミラー対で反射された主光束を受光するよう配設されており、

物体の縮小像が形成されるよう構成された、長共役端か

【請求項12】 第1の凹面鏡と、

第2のミラーと、

第3の凹面鏡と、

第4の凹面鏡と、

第5の凸面鏡と、

第6の凹面鏡とを具備し、

前記第1、第2、第3、第4、第5、および第6のミラーのうち2つがフィールドミラー対として動作するよう構成された、長共役端から短共役端間のフォトリソグラフィ用光学縮小系。

【請求項13】 前記第2のミラーが凹面鏡である、請求項12記載の光学縮小系。

【請求項14】 前記2番目のミラーが凸面鏡である、請求項12記載の光学縮小系。

【請求項15】 開口絞りが前記第2のミラー上または近傍に形成されるよう構成された、請求項12記載の光学縮小系。

【請求項16】 第1の凹面鏡と、前記第1の凹面鏡で反射された電磁波を受光するよう配設された第2のミラーと、

前記第2のミラーで反射された電磁波を受光するよう配設された第3の凹面鏡と、

前記第3の凹面鏡で反射された電磁波を受光するよう配設された第4の凹面鏡と、

前記第4の凹面鏡で反射された電磁波を受光するよう配設された第5の凸面鏡と、

前記第5の凸面鏡で反射された電磁波を受光するよう配設された第6の凹面鏡とを具備し、

前記第1、第2、第3、第4、第5、および第6のミラーは光軸上にそれらの中心を有し、

前記第3の凹面鏡は光軸から発散する主光束を受光し、前記第4の凹面鏡は前記第3の凹面鏡で反射された主光束を受光して光軸に収束するよう該主光束を反射するよう構成された、長共役端から短共役端間のフォトリソグラフィ用光学縮小系。

【請求項17】 電磁波の波長が200ナノメートル以下である、請求項16記載の光学縮小系。

【請求項18】 中間像が前記第3の凹面鏡と前記第4の凹面鏡との間に形成されるよう構成された、請求項17記載の光学縮小系。

【請求項19】 中間像が前記第5の凸面鏡と前記第6の凹面鏡との間に形成されるよう構成された、請求項17記載の光学縮小系。

【請求項20】 物体と前記第2のミラー間に配設された第1の回折素子と、

前記第2のミラー上または近傍に配設された第2の回折素子と、

像と前記第5のミラー間に配設された第3の回折素子とを有した、請求項16記載の光学縮小系。

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本願発明は、投影リソグラフィーに関し、より詳細には、近紫外線から遠紫外線ないし軟X線領域の短波長を使用する反射および反射屈折光学系に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体デバイスの製造においてフォトリソグラフィが頻繁に用いられる。マスクまたはレチクルをウェーハ上に結像するために投影光学系が使用される。屈折素子を用いた光学系では248または193ナノメートルの波長を有した照明光源を用いて、0.25ミクロンに近い解像度が達成されている。半導体デバイスの素子ないし加工寸法が小さくなるにつれ、0.25ミクロン以下の解像度を達成可能な光学投影系が必要とされている。フォトリソグラフィに使用する光学投影系により分解可能な加工寸法を低減するためには、短波長の電磁波を用いてレチクルないしマスクの像を半導体ウェーハ等の感光性基板上に投影しなければならない。193ナノメートル以下の波長の電磁波を十分に透過させることのできる屈折光学材料は非常に少ないため、193ナノメートル以下で動作させる光学投影系においては屈折素子の使用を最小限にする、または全く使用しないようにすることが必要である。スペクトル上の遠紫外域で使用可能な光学装置が、米国特許第4,747,678号(「拡大光学リレー装置」、シェーファー他、1988年5月31日)に記載されている。しかしながら、より小さな加工寸法に対する要請から、遠紫外波長域から軟X線波長域、すなわち約200~13ナノメートル程度の波長で動作する光学投影装置が必要とされている。この波長域内で動作する光学投影装置はいくつかあるが、それらは像ないしウェーハ上における開口数が0.1以下という比較的低いものに限られている。そのような装置において開口数を増大させると残留収差が過大になり、さらにミラーのエッジ部により光束がぼけてしまう。こうした投影光学装置はそれぞれの目的に対しては適切に動作するが、開口数の大きい、遠紫外ないし軟X線波長域で使用可能または0.1ミクロンを大幅に下回る解像度を有した光学投影システムが要求されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本願発明の課題は、約200ナノメートル以下の波長で使用可能であり、比較的大きな開口数を有した投影光学系を提供することである。

【0004】本願発明の別の課題は、解像度を増すことにより半導体製造において必要とされる微小素子形状の転写を可能とすることである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】前記の課題を解決するため、本願発明は、以下の構成を有する。すなわち、本願発

のミラー対は入射ひとみを第1ミラー対のうちの2番目のミラーに結像する収束ミラーを有し、アクセシブルな実開口絞りを構成している。第2のミラー対は第1ミラー対からの電磁波を受光するよう構成され、前記開口絞りを第2の実ひとみにリレーし中間像を形成する収束ミラーを有する。第3のミラー対は第2ミラー対から電磁波を受光するよう構成され、第2の実ひとみを無限遠の射出ひとみにリレーし中間像を最終的な実像に結像させる収束ミラーを有している。このように比較的大きな開口数を有した6つのミラーから構成された縮小系によりレチクルやマスク等の物体の縮小された像が半導体ウェーハ等の感光性基板上に結像される。第2ミラー対はフィールドミラー素子として機能し良好な像品質と比較的大きな開口数が得られる。6つのミラーはすべて非球面として残留収差を最小限にすることができる。

## 【0006】

【発明の実施の形態】本願発明によれば、物体と像を、ステップ・アンド・スキャンフォトリソグラフィで行われるレチクルとウェーハステージの平行スキヤニングに供することができる。

【0007】本願発明によればさらに、比較的大きなフィールドが得られる。

【0008】本願発明はさらに開口絞りがアクセシブルであるという特徴を有する。

【0009】本願発明はまたフィールドミラー素子が使用されるという特徴を有する。

## 【0010】

【実施例】図1に本願発明の第1実施例を略示する。レチクルまたはマスク10からの光は凹面鏡M1により集光される。破線12はミラーM1の曲面の延長を示している。ミラーM1により電磁波が凹面鏡M2に反射される。開口絞り14はミラーM2上または近傍に位置している。入射ひとみはレチクルまたはマスク10から有限距離のところであり、ミラーM1によりミラーM2上に結像される。電磁波はミラーM2で反射されて凹面鏡M3に入射する。破線16は凹面鏡M3の曲面の延長を示している。M3からの電磁波は凹面鏡M4に入射し反射される。破線18は凹面鏡M4の曲面の延長を示す。電磁波はミラーM4で反射されて凹面鏡M5に入射する。破線20は凸面鏡M5の曲面の延長を示している。電磁波はミラーM5で反射され凹面鏡M6に入射し、凹面鏡M6によりウェーハ22上の結像面に反射される。ミラーM1~M6はいずれも光軸OAに対して実質的に回転対称である。中間像24がミラーM4とM3の間、すなわち第1ミラー対M1、M2と第3ミラー対M5、M6間の光軸から外れた位置に形成される。この中間像はミラーM4、M5、およびM6によってウェーハ22上に再結像される。第1ミラー対M1、M2は電磁波を第2ミラー対M3、M4に反射する。第2ミラー対M3、M4

ラーM2で反射され光軸OAから分散する主光束は光軸OAに収束する主光束に変換され、第3のミラー対M5、M6へ向かう。従って、フィールドミラー素子は光軸OAから分散する主光束を該光軸に収束する変換ミラー対であればよい。この第1実施例では残留収差は十分小さいため、約13ナノメートルの波長が使用可能である。この第1実施例におけるウェーハ22近傍の結像空間上の開口数は約0.25である。よって、0.03ミクロンの作業分解能が得られる。光軸OAを中心とした半径29~31ミリメートルの円形フィールドの収差は歪曲収差を含めても十分に小さいため、横スキャン方向において30ミリメートルのスキャンフィールドサイズを有したステップ・\*

\*アンド・スキャンフォトリソグラフィで利用可能である。この第1実施例では、縮小率は4対1である。ミラーM1~M6は球面、非球面のいずれでもよく、通常の手段により製作でき、例えば米国特許番号5,153,898（「反射型X線縮小投影露光装置」、福田他、1992年10月6日）に記載されているようなコーティングを施すことも可能である。非球面ミラーを使用して残留収差を最小限にすることもできる。

【0011】本願発明による図1に示した光学系の構成データを表1に示す。

【0012】

【表1】

表 1						
素子番号	曲率半径		厚 さ	開口直径		ガラス
	前	後		前	後	
物体	無限大		571.0624			
					238.9146	
			192.0526			
1	A(1)		-192.0526		233.4582	反射
			開口絞り		46.3098	
			0.0000			
2	A(2)		0.0000		45.7172	反射
					45.2145	
			432.1152			
3	A(3)		-490.5496		334.0158	反射
4	A(4)		490.5496		503.2223	反射
					240.0123	
			-62.8918			
					261.2488	
			320.8990			
5	A(5)		-320.8990		66.6738	反射
6	A(6)		320.8990		227.7070	反射
					72.1652	
	像距離		22.3092			
像	INF				62.0000	

【0013】上記の表において、正の半径は曲率中心が右側に、負の半径は曲率中心が左側にあることを示し、寸法はミリメートル単位であり、厚さは隣接する表面までの光軸距離であり、像直径は近軸値であって光線追跡値ではない。

※【0014】さらに、非球面定数は以下の式および表1Aにより与えられる。

【0015】

【数1】

$$Z = \frac{(CURV) Y^2}{1 + (1 - (1 + K) (CURV)^2 Y^2)^{1/2}} + (A) Y^4 + (B) Y^6 + (C) Y^8 + (D) Y^{10}$$

【0016】

★ ★【表2】

表1 A						
非球面	曲 率	K	A	B	C	D
A(1)	-0.00204178	0.000000	8.26871E-10	-1.09535E-15	1.29067E-20	8.88980E-26
A(2)	-0.00248086	0.000000	1.05970E-08	4.81438E-13	-1.10750E-15	7.52743E-19
A(3)	-0.00048280	0.000000	2.18257E-11	2.87915E-15	-6.04832E-20	3.68423E-25
A(4)	0.00101457	0.000000	3.42885E-11	-4.85608E-16	-3.57675E-22	1.81445E-26
A(5)	0.00355137	0.000000	1.77414E-08	1.15815E-12	7.13212E-17	-4.35391E-21
A(6)	0.00258825	0.000000	1.38198E-10	1.22849E-15	8.27928E-21	1.16903E-25

【0017】図2に本願発明の第2実施例を示す。この実施例では入射ひとみが無限遠にあるため、レチクル10においてテレセントリックな系となっている。レチクル10からの電磁波は凹面鏡M1'で集光され凸面鏡M2'に反射される。破線12'はミラーM1'の曲面の延長を示している。ミラーM1'とM2'は第1ミラー対を構成する。凸面鏡M2'で反射された電磁波は凹面鏡M3'により集光される。破線16'はミラーM3'の曲面の延長を示す。電磁波はミラーM3'で反射されて凹面鏡M4'に入射する。破線18'はミラーM4'の曲面の延長を示す。ミラーM3'とM4'は第2ミラー対を構成し、フィールドミラー素子として動作する。電磁波はミラーM4'で反射され、凸面鏡M5'により集光される。破線20'はミラーM5'の曲面の延長を示す。電磁波はミラーM5'で反射され、ミラーM6'に入射する。ミラーM5'とM6'は第3ミラー対を構成する。凹面鏡M6'で反射された電磁波はウェーハ22上で結像される。ミラーM1'～M6'はいずれも光軸OAに対して回転対称である。フィールドミラー素子であるミラー対M4'、M3'は、ミラーM4'の後、ミ  
 ラーM6'近く、すなわち第3ミラー対であるM5'、\*

\* M6'間の光軸から外れた位置に中間像面24'を形成する。この構成により、大きな開口数においてミラーM6'のエッジを通過しなければならない電磁波ビームサイズを有利に低減できる。第3ミラー対、すなわちミラーM5'とM6'により、中間像面24'上の像はウェーハ22上で最終像として結像される。この第2実施例においては像空間はテレセントリック、すなわち射ひとみが無限遠に位置している。第2実施例は4対1の縮小率を有し、ウェーハ22近くの像空間への開口数は0.55である。このような比較的大きい開口数において残留収差が十分小さいため、約193ナノメートルの波長域で光学投影系を使用できる。よって、0.25ミクロンの作業解像度が得られる。ウェーハ22上の光軸を中心とした半径29.5～30.5ミリメートルの円形フィールドは、横方向において30ミリメートルのフィールドサイズを有するステップ・アンド・スキャンリソグラフィー装置で使用するに十分である。

【0018】本願発明による図2に示した光学系の構成データを以下の表2に示す。

【0019】

【表3】

表 2

素子番号	曲率半径		厚 さ	開口直径		ガラス
	前	後		前	後	
物体	無限大		407.8161			
					357.5906	
			264.5379			
1	A(1)		-264.5379		419.5247	反射
			開口絞り		77.5026	
			0.0000			
2	A(2)		0.0000		74.9379	反射
					77.3224	
			390.2371			
3	A(3)		-260.0000		467.2174	反射
4	A(4)		260.0000		527.2466	反射
					240.4502	
			-5.6992			
					206.6446	
			186.2863			
5	A(5)		-186.2863		92.0895	反射
6	A(6)		186.2863		272.0463	反射
					62.3061	
	像距離		20.0000			
像	INF				60.9398	

【0020】上記の表において、正の半径は曲率中心が右側に、負の半径は曲率中心が左側にあることを示し、寸法の単位はミリメートル、厚さは隣接する表面までの距離、そして像直径は近軸値であって光線追跡値ではない。

\*【0021】さらに、非球面定数は以下の式および表2 Aにより与えられる。

【0022】

【数2】

\* 30

$$Z = \frac{(CURV) Y^2}{1 + (1 - (1 + K) (CURV)^2 Y^2)^{1/2}} + (A) Y^4 + (B) Y^6 + (C) Y^8 + (D) Y^{10} + (E) Y^{12} + (F) Y^{14} + (G) Y^{16} + (H) Y^{18} + (J) Y^{20}$$

【0023】

※ ※【表4】

表2 A

非球面	曲率	K	A	B	C	D
		E	F	G	H	J
A(1)	-0.00184131	0.000000	2.24506E-12	-1.06529E-15	1.40153E-20	-1.48525E-28
		0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(2)	-0.00344767	0.000000	2.70239E-08	6.29102E-12	1.38841E-15	-1.11823E-19
		3.43046E-23	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(3)	-0.00073995	0.000000	3.47651E-10	1.86467E-16	-3.27086E-20	1.15234E-25
		0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(4)	0.00145483	0.000000	-6.10242E-11	7.82453E-16	-8.98158E-21	-4.15911E-26
		0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(5)	0.00444460	0.000000	1.67615E-07	1.75232E-11	8.40253E-16	8.38291E-20
		5.03283E-23	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(6)	0.00442274	0.000000	5.24492E-10	8.43072E-15	4.12933E-19	-9.76520E-24
		5.15810E-28	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【0024】図3に本願発明の第3実施例を示す。この第3実施例は反射屈折系で構成されている。レチクル10からの電磁波は第1レンズ素子R1で屈折される。電磁波はさらに凹面鏡M1により集光されて、第2レンズ素子R2へ反射される。レンズ素子R2は凸面鏡M2の近くに、ないし隣接して配設されている。ミラーM1とM2は第1ミラー対を構成する。破線12はミラーM1の曲面の延長を示す。電磁波はミラーM2で反射され、ミラーM3に入射する。破線16は凹面鏡M3の曲面を示す。電磁波はミラーM3で反射され凹面鏡M4により集光される。破線18はミラーM4の曲線の延長を示している。ミラーM3とM4は第2ミラー対を構成する。ミラーM4で反射された電磁波は凸面鏡M5で集光される。M5で反射された電磁波は凹面鏡M6に入射する。ミラーM5とM6は第3ミラー対を構成する。ミラーM6で反射された電磁波はレンズ素子R3へ向けられ、ウェーハ22上の像面上に結像される。第2ミラー対、すなわちミラーM3とM4はフィールドミラー素子を構成し、ミラーM6とM3の間に中間像面を形成する。第3ミラー対M5、M6は中間像面24をウェーハ22上で再結像する。ミラーM1～M6と屈折レンズ素子R1～R3はすべて光軸OAに対して回転対称である。レンズ素子R1～R3は残留収差を低減する屈折素子であり、よってウェーハ22の近傍の像空間において大きい開口数を得ることができる。この第3実施例ではウェーハ22の近傍の像空間での開口数は0.6である。光軸OAから29～31ミリメートルの半径を有する円形フィールドが形成され、193ナノメートルの波長の電磁波を用いることにより0.225マイクロ \*

\*ンの形状を十分に余裕を持って分解できる。この第3実施例では適当なレチクル、照明条件、およびフォトレジストを使用すれば0.18ミクロンの加工寸法が達成可能である。この第3の反射屈折型の実施例の有利な点は、第1レンズ素子R1を所望によりシーリング窓として動作させることができることである。これは系をバージされた環境で使用する場合に望ましい。さらにレンズ素子R1を光軸OA上で軸方向に移動させることにより、系の倍率の微調節をすることができる。ミラーM1を倍率の微調節に使用することも出来るが、ミラーM1は軸方向の動きの最中位置合せ誤差により影響されやすい。レンズ素子R3もまたシーリング窓として使用できる。さらに、レンズ素子R3を基板として用いて、その上にミラーM5を形成することもできる。レンズ素子R3の2番目の表面を非球面として残留歪曲差による誤差を低減できる。このレンズ素子R3の2番目の表面により、より広い円形フィールド幅を使用することができる。レンズ素子R2は主として、回折レンズ素子R1とR3によりもたらされる焦点の色変動を修正するために用いている。倍率の色変動はレンズ素子R1とR3それぞれの寄与分の釣り合いをとることにより修正される。本実施例における色補正は十分良好であるので、193または248ナノメートルで動作する非狭帯化エキシマレーザ光源、さらには248ナノメートルで動作するフィルタ付き水銀灯を使用することができる。この第3実施例の光学投影系は4対1の縮小率で動作するよう設計されている。

【0025】本願発明による図3に示した光学系の構成データを以下の表3に示す。

【0026】

【表5】



表 3						
要素番号	曲率半径		厚 さ	開口直径		ガラス
	前	後		前	後	
物体	INF		383.7117			
1	528.5985 CX	560.6363 CC	30.0000	369.2458	367.0565	‘シリカ’
			20.0000			
				364.0844		
			229.7508			
2	A(1)		-209.7508	414.3386		反射
3	-83.4965 CX	-75.5672 CC	-15.0000	97.0160	79.4269	‘シリカ’
			-11.6150			
			開口絞り	72.1226		
4	A(2)		11.6150	72.1226		反射
5	-75.5672 CC	-83.4965 CX	15.0000	77.0143	93.4487	‘シリカ’
			407.8822			
6	A(3)		-635.1022	691.6152		反射
7	A(4)		635.1022	1006.3416		反射
				131.7841		
			-62.2903			
				177.7085		
			134.7903			
8	A(5)		-134.7903	89.6331		反射
9	A(6)		134.7903	223.8931		反射
10	A(7)	A(8)	17.5000	88.9023	73.3478	‘シリカ’
	像距離 =		10.0000			
像	INF			62.0853		

【0027】上記の表において、正の半径は曲率中心が右側に、負の半径は曲率中心が左側にあることを示し、寸法の単位はミリメートル、厚さは隣接する表面までの距離、そして像直径は近軸値であり、光線追跡値ではない。

\* 【0028】さらに、非球面定数は以下の式および表3 30 Aにより与えられる。

【0029】

【数3】

$$Z = \frac{(CURV) Y^2}{1 + (1 + K) (CURV)^2 Y^2} + (A) Y^4 + (B) Y^6 + (C) Y^8 + (D) Y^{10} + (E) Y^{12} + (F) Y^{14} + (G) Y^{16} + (H) Y^{18} + (J) Y^{20}$$

【0030】

※ ※【表6】

表3A

非球面	曲率	K	A	B	C	D
		E	F	G	H	J
A(1)	-0.00204611	0.000000	2.33031E-10	-2.54108E-16	1.19278E-20	7.03022E-26
		0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(2)	-0.00552141	0.000000	-3.13911E-09	5.79100E-12	-7.42414E-16	1.18359E-18
		-2.35688E-22	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(3)	-0.00053739	0.000000	1.97475E-10	-1.92940E-16	-1.05508E-21	3.23255E-27
		0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(4)	0.00101984	0.000000	-1.51028E-11	-2.24413E-18	-3.43784E-23	-1.20284E-28
		0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(5)	0.00387779	0.000000	1.19897E-07	1.63739E-11	1.80437E-15	-5.46296E-19
		2.19063E-22	-2.90311E-26	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(6)	0.00671460	0.000000	2.26183E-09	4.71431E-14	5.66546E-19	3.51393E-22
		-1.82403E-26	7.29705E-31	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(7)	0.00387779	0.000000	1.19897E-07	1.63739E-11	1.80437E-15	-5.46296E-19
		2.19063E-22	-2.90311E-26	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(8)	0.00280709	0.000000	-2.73857E-08	3.40519E-10	-6.15022E-14	-1.29048E-17
		0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【0031】上記のように、本願発明では3つのミラー対を用いると同時に第2のミラー対をフィールドミラー素子としたことにより、約200ナノメートル以下の波長域の電磁波を用いる光学投影縮小系の開口数を大幅に増大できる。その結果、フィールドサイズが増大できるのみならず、要求される解像度を維持できるため、0.25ミクロン以下の加工寸法を有した半導体デバイスの製造に応用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本願発明の第1実施例の略図である。

【図2】図2は本願発明の第2実施例の略図である。

\* 【図3】図3は本願発明の第3実施例の略図である。

【符号の説明】

10 レチクルまたはマスク

14 開口絞り

22 ウェーハ

24 中間像

M1, M2 第1ミラー対

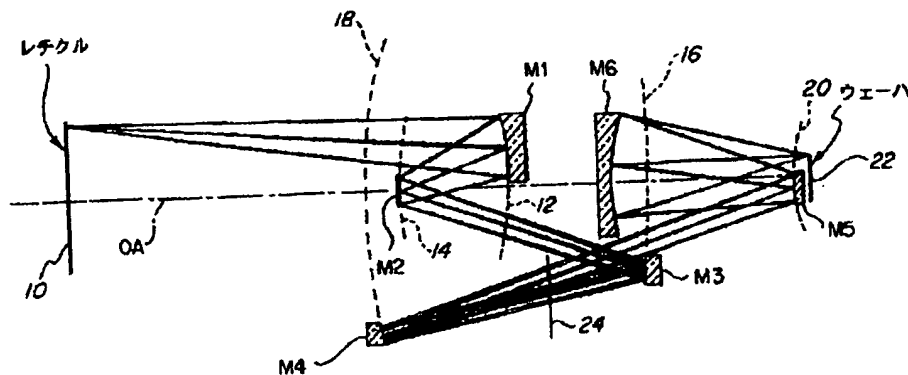
M3, M4 第2ミラー対

M5, M6 第3ミラー対

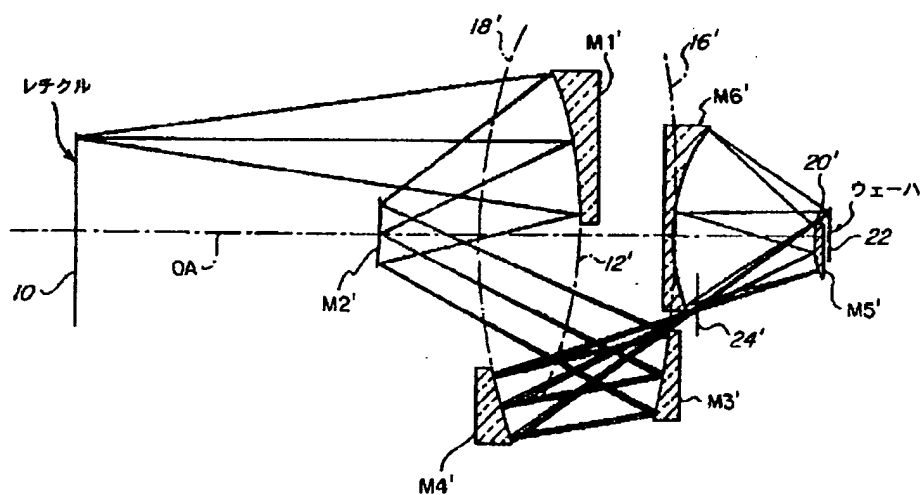
30 OA 光軸

\* R1, R2, R3 レンズ素子

【図1】



【図2】



【図3】

